



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO TEMASCALTEPEC

COMPOSICIÓN QUÍMICA, DIGESTIBILIDAD Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS
DE ENSILADO DE CANOLA (*Brassica napus*) CON DIFERENTES NIVELES DE
MELAZA

TESIS

Que para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista
Presenta:

Néstor Manuel Velázquez Ramírez

Asesores:

Dr. Ernesto Morales Almaráz
Dr. Ignacio Arturo Domínguez Vara
Dr. Anastacio García Martínez

Temascaltepec, México

Marzo de 2019

INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS	6
I. INTRODUCCIÓN	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1. El cultivo de Canola	11
2.2. El ensilado como método de conservación del forraje	12
2.3. El proceso de fermentación	13
2.3.1. Fase aeróbica	13
2.3.2. Fase de fermentación	13
2.3.3. Fase estable	14
2.3.4. Fase de deterioro aerobio	14
2.4. Los efluentes del ensilado.....	15
2.4.1. Influencia de la naturaleza del forraje y del aditivo empleado en la producción de efluentes.....	16
2.5. Aditivos en el ensilaje.....	16
2.5.1. La melaza como aditivo en el ensilaje	18
2.6. La calidad nutricional del ensilaje.....	19
2.6.1. Características de fermentación	19
2.6.2. Digestibilidad de los alimentos.....	21
2.7. El ensilado en la alimentación animal	23
2.8. Importancia de los ácidos grasos en los forrajes y la alimentación animal .	24

III. JUSTIFICACIÓN	28
IV. HIPÓTESIS.....	30
V. OBJETIVOS.....	32
5.1. Objetivo general.....	32
5.2. Objetivos específicos	32
VI. LÍMITE DE ESPACIO	34
VII. LIMITE DE TIEMPO.....	36
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
8.1. MATERIAL	38
8.1.1. Material biológico.....	38
8.1.2. Material de campo	38
8.1.3. Material de laboratorio	38
8.2. MÉTODO	40
8.2.1. Establecimiento del cultivo.....	40
8.2.2. Elaboración de microsilos y tratamientos.....	40
8.2.3. Análisis de laboratorio.....	41
8.2.4. Análisis estadístico	42
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
X. CONCLUSIÓN.....	51
XI. LITERATURA CITADA.....	53
XII. ANEXOS.....	63

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química y pH de ensilados de canola con diferentes niveles de melaza (g kg ⁻¹ MS)	44
Cuadro 2. Digestibilidad in vitro y energía bruta de ensilados de canola con diferentes niveles de melaza (g kg ⁻¹ MS)	46
Cuadro 3. Perfil de ácidos grasos (g/100g AG) de ensilados de canola con diferentes porcentajes de melaza.....	48

I. INTRODUCCIÓN

La canola (*Brassiccanapus*) es un cultivo alternativo en la temporada de invierno con gran potencial forrajero, presenta producciones y un aporte nutricional similar o superior a las gramíneas de grano pequeño, tolera varios tipos de suelos, es de rápido crecimiento, se adapta a condiciones frías y hace un uso eficiente del agua; incluso se ha comparado con alfalfa reportando mayor digestibilidad y niveles similares de nutrientes.

En México, las mayoría de las brassicas son destinadas al consumo familiar, de ellas se consumen partes de la planta de manera tradicional (hojas tiernas, tallos tiernos y flores), en otros países el forraje de brassicas es utilizado para la producción ganadera (Williams *et al.*, 2016), sin embargo en México su siembra y uso en la alimentación animal aun es limitado.

Las brassicas presentan alta digestibilidad de la materia seca (MS) (81 a 89 %) y energía metabolizable (EM) (2.8 a 3.3 Mcal/ kg MS), siendo estos valores más altos que la mayoría de los pastos o leguminosas (Barry, 2013). Es importante mencionar que las plantas del género *Brassica* presentan una elevada concentración de azufre en comparación con otras plantas forrajeras, debido principalmente al aminoácido libre S-metil-cisteína sulfóxido (SMCO) y glucosinolatos, además de presentar altas concentraciones de sulfato inorgánico (Barry, 2013); se ha comprobado que los glucosinolatos tienen propiedades anti-nutricionales, reduciendo el consumo de alimento y la digestibilidad de aminoácidos en los animales; sin embargo estudios han demostrado que el proceso de ensilaje es un método que contribuye a disminuir estos efectos anti nutricionales que posee la canola (Fales *et al.*, 1987), además permite conservar el forraje sin afectar sus características nutricionales ni palatabilidad para que sea utilizado en los períodos del año en donde la falta de agua limita la producción de forrajes.

Un aditivo comúnmente utilizado en el proceso de ensilaje de forrajes es la melaza, la cual es una fuente de energía para los microorganismos productores de ácido láctico, además que puede incrementar el contenido de materia seca del ensilado.

La utilización del forraje de canola es una alternativa en la alimentación animal, debido a sus características nutricionales, sin embargo existe poca información que reporte un análisis químico, perfil de ácidos grasos y digestibilidad del forraje ensilado como alternativa para la alimentación de rumiantes; por tanto, el objetivo de este estudio es determinar la calidad nutritiva y perfil de ácidos grasos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de Canola

La canola (*Brassic napus*), comúnmente conocida como colza o nabo aceitero, es un cultivo alternativo en la temporada de invierno con potencial forrajero. En 1978, la industria aceitera canadiense adoptó el nombre “canola” (Canadian Oil Low Acid) para identificar las plantas de estas especies, cuyo aceite contiene menos del 2% de ácido erúico, y la pasta, menos de 30 micromoles de glucosinolatos por gramo (Canola council); esta planta presenta producciones y un aporte nutricional similar o superior a las gramíneas de grano pequeño (Cruz *et al.*, 2012), es de rápido crecimiento, se adapta a condiciones frías y hace un uso eficiente del agua (Reta *et al.*, 2015).

Las Brassicas presentan alta digestibilidad de la materia seca (MS) (0.81 a 0.89) y energía metabolizable (EM) (2.8 a 3.3 Mcal/ kg MS), estos valores suelen ser más altos que la mayoría de los pastos o legumbres (Barry, 2013). Las plantas del género *Brassica* presentan una elevada concentración de azufre en comparación con otras plantas forrajeras, debido principalmente al aminoácido libre S-metil-cisteína sulfóxido (SMCO) y glucosinolatos, además de presentar altas concentraciones de sulfato inorgánico (Barry, 2013); se ha comprobado que los glucosinolatos tienen propiedades anti-nutricionales, reduciendo el consumo de alimento y la digestibilidad de aminoácidos en los animales (Bell, 1993; Tripathi y Mishra, 2007); sin embargo estudios han demostrado que el proceso de ensilaje es un método que contribuye a disminuir estos efectos anti nutricionales que posee la canola (Fales *et al.*, 1987; Woolford, *et al.*, 1984), además permite conservar el forraje sin afectar sus características nutricionales ni palatabilidad para que sea utilizado en los períodos del año en donde la falta de agua limita la producción de forrajes.

Kincaid *et al.* (2012) reportan que la producción de leche y la composición química no fueron afectadas cuando incluyeron ensilado canola con asociación de guisante en 9 y 15 % de la dieta en sustitución de alfalfa y ensilado de maíz, por lo tanto

concluyen que es una alternativa de cultivo especialmente en tierras donde no se dispone de suficiente agua.

2.2. El ensilado como método de conservación del forraje

El ensilaje es un método de conservación de forrajes frescos el cual se basa en la inmediata fermentación en condiciones anaeróbicas. Este método de conservación tiene como objetivo conservar las características nutricionales de los forrajes a ensilar. La fermentación ocurre por medio de bacterias propias del material, estas fermentan los carbohidratos solubles a ácido láctico y en menor grado ácido acético (Hendersom, 1993), lo cual disminuye el pH y como producto final obtenemos un alimento ácido, el cual inhibe el desarrollo de microorganismos que inducen a la putrefacción (Elferink *et al.*, 1999).

Este proceso sirve para almacenar grandes cantidades de alimento en tiempos de abundante forraje y suministrarlo en periodos de estilaje, conservando calidad y palatabilidad a bajo costo, permitiendo aumentar el número de animales por hectárea, (Garces *et al.*, 2004), de igual manera contribuye a disminuir la cantidad de concentrados reduciendo costos de producción (Prospero *et al.*, 2017).

2.3. El proceso de fermentación

El éxito del proceso fermentativo que ocurre en los ensilajes depende entre otras cosas, de la suficiente, cantidad de bacterias ácido lácticas y niveles adecuados de carbohidratos altamente solubles en los cultivos cosechados, obteniéndose altas producciones de ácido láctico. Como resultado, el pH se mantiene bajo y los ensilajes son preservados (Jaster, 1995). Para que suceda el proceso de fermentación, es necesario cubrir el forraje y extraer la mayor cantidad de aire posible, una vez realizado esto el proceso de ensilaje pasara por cuatro etapas (Weinberg y Muck, 1996; Merryet *al.*, 1997).

2.3.1. Fase aeróbica

Es la primera fase y en ella se consumirá todo el oxígeno que quedó durante el proceso de compactación, esta etapa dura pocas horas, el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de la planta, microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y enterobacterias. Además hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH del forraje fresco se mantenga en el rango normal (6.0-6.5) (Elferink, *et al.*, 1999; Tobia y Vargas, 2000).

2.3.2. Fase de fermentación

Esta fase comienza cuando el ambiente se vuelve anaerobio; el tiempo requerido para este proceso comprende de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, las bacterias productoras de ácido láctico proliferarán y se convertirán en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3.8 a 5.0 (Elferink, *et al.*, 1999; Tobia y Vargas, 2000).

2.3.3. Fase estable

Mientras se mantenga el ambiente sin presencia de oxígeno no ocurrirán demasiados cambios. La mayoría de los microorganismos de la Fase 2 lentamente reducen su presencia, algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas, carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo (Elferink *et al.*, 1999).

Pueden aparecer algunas bacterias indeseables en esta fase, se trata de bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias. Como ejemplo tenemos a *Acetobacter* spp. La cual es perjudicial en el ensilaje porque puede iniciar una deterioración aeróbica, ya que puede oxidar el lactato y el acetato produciendo CO₂ y agua. El género *Clostridium* es anaerobio, forma endosporas y puede fermentar carbohidratos y proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilado (Garces *et al.*, 2004).

2.3.4. Fase de deterioro aerobio

Esta fase dará comienzo con la apertura del silo y la exposición del ensilado al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el material ensilado, sin embargo puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo a causa de fauna nociva principalmente.

El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético; esto provoca un aumento en los niveles de pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se presenta un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos.

La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos facultativos como mohos y enterobacterias; de acuerdo a Honig y Woolford (1980) las pérdidas por deterioro en esta etapa pueden oscilar entre 1,5 y 4,5% de MS. Los mohos son organismos aerobios, cuando proliferan se observa la aparición de filamentos de diversos colores, de acuerdo a las especies presentes. Se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive trazas. En un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante la fase del deterioro aerobio todo el ensilaje puede ser invadido por mohos (Garces *et al.*, 2004).

El deterioro aeróbico ocurre en la gran mayoría de los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan este deterioro en el ensilaje.

2.4. Los efluentes del ensilado

En la mayoría de los silos se produce un drenaje natural en el que los líquidos perdidos arrastran nutrientes solubles y por tanto no están disponibles para la fermentación láctica. Se trata de azúcares, compuestos nitrogenados, minerales y ácidos orgánicos producidos durante la fermentación. Estos compuestos tienen interés en nutrición animal y fertilización. El volumen de efluente producido por tonelada de forraje oscila desde inapreciable hasta más de 200L. La mayor parte de la evacuación se produce durante los primeros estados del ensilado, y más de la tercera parte se genera durante los tres o cuatro días siguientes al cierre del silo esta producción depende de varios factores, en particular del contenido en materia seca del material de partida. Los forrajes ensilados con un contenido en materia seca de un 15%, puede experimentar pérdidas de líquido equivalentes a un 10% de una materia seca, pero si el contenido en materia seca, se incrementa mediante un pre-secado por encima de un 25%, las pérdidas son muy pequeñas o insistentes. Otros factores que condicionan la producción de efluente son la presión de pisado en el silo, los pretratamientos mecánicos, la naturaleza del forraje y el empleo de aditivos (Argamentería *et al.*, 1997)

2.4.1. Influencia de la naturaleza del forraje y del aditivo empleado en la producción de efluentes.

La capacidad de retención de agua en el silo aunque dependa fundamentalmente de la materia seca del forraje, difiere según las especies y variedades que lo integran. Así, forrajes con el mismo contenido en materia seca pueden generar diferente cantidad de efluente. En el mismo sentido, el efluente producido por distintas especies, puede tener diferente poder contaminante.

Los aditivos utilizados para la estabilización y mejora de la fermentación de los ensilados, juegan también un importante papel en la producción de efluentes. Principalmente porque pueden modificar la estructura del material vegetal y alterar la capacidad de retención de agua. Además, en función del contenido en materia seca del forraje un porcentaje variable de estos aditivos, comprendido entre 8-20% puede ser eliminado con el efluente, modificando los indicadores de contaminación (Argamentería *et al.*, 1997).

2.5. Aditivos en el ensilaje

Dependiendo de las características de cada forraje a ensilar se pueden utilizar distintos tipos de aditivos que ayudan a obtener una mejor fermentación del material ensilado.

Tipos de aditivos para ensilaje de acuerdo a McDonald *et al.* (1981):

- A)** Estimulantes: Son azúcares o productos ricos en carbohidratos como melaza, pulpa de cítricos, maíz triturado, residuos de panadería (Mejía *et al.*, 2013) Por lo general este tipo de aditivos aportan energía y ayudan al crecimiento de las bacterias ácido lácticas y como consecuencia se obtienen ensilajes lácticos. Son ampliamente recomendados para forrajes que contienen pocos azúcares solubles para fermentar o un bajo contenido de materia seca; por lo tanto, para que exista una buena fermentación es necesario aumentar el contenido de

azúcares (Garceset *al.*, 2004) con algún producto rico en carbohidratos solubles.

B) Inhibidores: Restringen el crecimiento de los microorganismos dependiendo del nivel agregado. Ej. Ácido fórmico y el formal de hído.

Inhibidores de deterioro aeróbico: Este tipo de aditivos ayudan a controlar el deterioro causado por aire cuando el ensilaje se abre y queda expuesto. Ej. Ácido propiónico.

C) Nutrientes: Se agregan al momento de ensilarlos forrajes con el fin de incrementar el valor nutritivo de los ensilados. Ej. Urea.

D) Estimulantes de la fermentación: Se agregan con el propósito de estimular y activar la fermentación láctica, en este rubro se incluyen inoculantes bacterianos y enzimas (Demarquilly, 1985; Tobia y Vargas, 2000).

- Inoculantes bacterianos: Se trata de productos comerciales que contienen una gran concentración de bacterias ácido lácticas que colonizan el medio e incrementan la población natural en los cultivos, propiciando que ocurra una rápida y eficiente fermentación dentro del silo (Kung Jr. y Muck, 1997). Además ayudan como estimulantes de la fermentación e inhibidores del deterioro aeróbico, promueven una rápida y eficiente fermentación de los materiales ensilados, lo cual incrementa la calidad y cantidad ya que aumentan la materia seca del producto ensilado.
- Enzimas: Su principal función es romper la celulosa y hemicelulosa que forman las paredes celulares de las plantas. Este proceso se denomina enzimolisis y envuelve la partición de los carbohidratos estructurales en sus monómeros (glucosa en caso de celulosa, y pentosas y hexosas en el caso de hemicelulosas). Entonces estos azúcares quedan disponibles y son utilizados por las bacterias ácido lácticas presentes en el forraje (McDonald *et al.*, 1981).

2.5.1. La melaza como aditivo en el ensilaje

La melaza es un subproducto de la industria azucarera ampliamente utilizado en la alimentación animal, es común agregarla a los ensilados en diferentes porcentajes para proporcionar carbohidratos fácilmente fermentables para que sean utilizados por las bacterias presentes en los forrajes que se van a ensilar. Su aplicación directa es complicada ya que posee una alta viscosidad, por lo que es recomendable diluirla en agua tibia para minimizar las pérdidas por escurrimiento.

Su aplicación en el ensilado sirve como una fuente de energía para los microorganismos productores de ácido láctico, además que puede incrementar el contenido de materia seca del ensilado (Baytok y Aksu, 2005).

Principalmente las leguminosas se consideran inapropiadas para el ensilaje debido a tres factores principales: son altamente tamponantes, tienen bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles y de MS, debido a altos niveles de proteína, por ello, es necesario añadirle una fuente de carbohidratos solubles, con la finalidad que las bacterias ácido lácticas aceleren el proceso de fermentación, incrementándose, así la producción de ácidos grasos volátiles (principalmente ácido láctico y, en menor cantidad, ácido acético); lo que le confiere un olor agradable al producto ensilado (McDonald *et al.*, 1991; Bolsen y Brent, 2007).

2.6. La calidad nutricional del ensilaje

2.6.1. Características de fermentación

Indicadores organolépticos.

Es una evaluación que se basa en la apreciación de la calidad de un ensilaje a través de los sentidos. Los parámetros a considerar son: olor, color, textura y grado de humedad. Este método es subjetivo y está sujeto a la experiencia del evaluador (Tobia y Vargas, 2000).

Nitrógeno Amoniacal.

Es un indicador de la calidad de preservación del forraje. A mayor cantidad de NH_3 menor concentración de carbohidratos solubles de la planta original. Por lo tanto, las leguminosas forrajeras y las gramíneas en estados tempranos de madurez y con bajos contenidos de azúcares, no obtienen un pH bajo para evitar el desarrollo de clostridios responsables de fermentaciones secundarias que transforman el ácido láctico en butírico y degradan proteínas y aminoácidos ocasionando un aumento en el nivel de N-NH_3 . El valor óptimo de nitrógeno amoniacal del nitrógeno total que es aceptable para un ensilaje agradable y de buena calidad es menor a 7 % (Ojeda *et al.*, 1991; Vallejo, 1995).

Ácidos Orgánicos

- Ácido Láctico

Es el resultado del metabolismo de las bacterias más eficientes y adaptadas entre todas las presentes en los ensilajes, esto le permite cumplir una acción bactericida, conservando mejor el ensilaje (Ojeda, *et al.*, 1991). Para lograr una adecuada fermentación láctica son necesarios tres elementos: un medio ambiente anaeróbico, un sustrato adecuado para las bacterias ácido láctico y una suficiente cantidad de estas bacterias (Muck 1988; Vallejo 1995). Para que un ensilado sea considerado como excelente debe contener un nivel mayor al 5.0 % del ácido láctico (Betancourt *et al.*, 2005).

- Ácido Acético.

Ácido cuya eficacia conservadora no es muy notable debido a su escasa capacidad acidificante; este ácido se produce a través de distintas vías: por la metabolización de aminoácidos por bacterias proteolíticas; metabolización de las hexosas por bacterias heterolácticas; metabolización de las pentosas y los ácidos orgánicos de la planta por bacterias heterolácticas y homolácticas y metabolización de las hexosas por las bacterias heterolácticas, enterobacterias y levaduras, principalmente acetobacter. El valor aceptable de ácido acético para un ensilado es menor del 1.8% (Ojeda *et al.*, 1991; Vallejo 1995).

- Ácido Butírico, Isobutírico y Propiónico.

Estos ácidos son producto del metabolismo de bacterias indeseables del género *Clostridium*, por esta razón, son uno de los mejores indicadores para determinar la calidad de fermentación de los ensilajes. En los ensilados con una fermentación idónea, estos ácidos no deben estar presentes, ya que son indicativos de proliferación de bacterias clostrídicas. La cantidad de estos ácidos en un ensilado de calidad debe ser menor a 0.1% (Ojeda *et al.*, 1991; Vallejo, 1995).

Indicador de Acidez (pH).

El pH es un indicador de gran relevancia en un forraje ensilado, debido a que es una de las transformaciones más radicales que ocurre en el forraje durante el proceso de fermentación. Se considera un parámetro rápido e indicativo del tipo de fermentación que se llevó a cabo y nos indica, por lo tanto, si disponemos de un alimento adecuado. De acuerdo a Vallejo (1995) el valor óptimo de pH en ensilados con contenidos de 40% de MS es $\leq 4,87$, se considera que cuando un ensilaje alcanza valores inferiores a 4.2 se ha logrado su estabilidad fermentativa (Muck 1988; Vallejo 1995).

2.6.2. Digestibilidad de los alimentos

La digestibilidad se define como la capacidad de un alimento para ser asimilado por una determinada especie, este parámetro es trascendental en la prescripción de dietas (NRC, 2001). La digestibilidad de los alimentos depende de la organización de la pared celular, principalmente por el porcentaje de lignina que está presente (Jung y Allen, 1995). La digestibilidad se ve alterada por factores relacionados con el alimento, los animales que lo consumen o por ambos. Para la asimilación de los alimentos en una misma especie animal es variable y dependen exclusivamente de la edad, estado de salud, raza, clase o magnitud de las labores a la que están sometidos (Shimada, 2009).

Existen gran cantidad de técnicas para determinar las características nutricionales de los alimentos para rumiantes, las básicas son las que nos ayudan a conocer el análisis químico proximal de un alimento, sin embargo, es necesario e importante conocer las características de fermentación que poseen dichos alimentos. Estas características de fermentación pueden estudiarse por métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro*, sin embargo, en los estudios *in vivo* los alimentos solo pueden ser evaluados en raciones completas, resultan análisis costosos y difíciles de estandarizar; por lo que a lo largo del tiempo se han desarrollado gran cantidad de metodologías *in situ* e *in vitro* para conocer estas características.

Una de las primeras técnicas para la estimación de la digestibilidad en rumiantes fue la propuesta por Tilley y Terry (1963), dicha propuesta marcó una gran pauta para el desarrollo de técnicas más exactas, ejemplo de ello es la determinación de digestibilidad *in sacco* de Ørskov y McDonald (1979) y técnicas de producción de gas *in vitro* (Menke *et al.*, 1979; Menke y Steingass, 1988), siendo esta última muy popular debido a su bajo costo y alta reproducibilidad.

Los efectos de diferentes niveles de urea (0, 0.5 y 1%) y melaza (0, 4 y 8%) sobre la composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca del ensilado de canola (Hyola-308) fueron evaluados por Balakhial *et al.* (2008) en Irán. La adición de urea incrementó la concentración de materia seca, Proteína total, nitrógeno amoniacal y el pH del ensilado de canola. Por otro lado, incrementar el nivel de melaza como aditivo solo aumento el contenido de materia seca, pero el contenido tanto de FDN como de FDA en el ensilado de canola disminuyeron. La adición de 0.5 y 1% de urea no afectó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, pero la melaza la disminuyó. Los autores (Balakhial *et al.*, 2008) concluyeron que la adición de 0.5% de urea y 8% de melaza son adecuados niveles para aumentar el contenido de la materia seca, proteína total, FDN y FDA del ensilado de canola; además la adición de más del 0.5% de urea disminuye la calidad del ensilado de canola por el incremento del pH y la concentración de nitrógeno amoniacal.

2.7. El ensilado en la alimentación animal

En el norte de México Cruz *et al.*, (2012) reportó mejor comportamiento del forraje de canola respecto a la eficiencia del agua en comparación con triticale, avena y ballico anual en cuanto a la producción de materia seca (1.91 kg MS m³), proteína cruda (0.47 kg PC/m³) menor proporción de FND (39,01%) y mayor contenido de ENL (2.83 Mcal/m³), siendo 2.17 veces más alto que el ballico (1.3 Mcal/m³), 2.83 mayor que la avena (1.49 Mcal/m³) y 1.79 más alto que el triticale (1.58 Mcal/ m³), esto se explica por la precocidad y menor tasa de evotranspiración de la canola (Al-Ghobary, 2000; Inzunza *et al.*; 2006).

En este mismo estudio, la canola presentó rendimientos de MS de 10.39 ton/ha los cuales fueron inferiores al triticale (13.81 ton/ha) similares a la avena (10,30 y 9.98 ton/ ha respectivamente) y valores superiores al ballico (8,21 ton/ha), la canola sobresalió en los porcentajes de FND y ENL (39,01 % y 1,44 Mcal kg MS respectivamente) y se situó en el segundo sitio por debajo del ballico en la cantidad de proteína cruda (27.24 vs 24.03 % PC)

En otros países el forraje de Brassicas se utiliza en regiones frías para la producción ganadera (Claridge, 1972, Macfarlane Smith *et al.*, 1984). Para nuestro conocimiento, pocos son los trabajos en donde el ensilado de canola se ha evaluado en la alimentación animal.

En un estudio con vacas Holstein multíparas alimentadas con TMR que contenía 9% (base seca) de ensilado de canola-chicharo este forraje reemplazaba al heno de alfalfa y ensilado de maíz, de tal manera que el aporte de proteína total y FDN fue similar con la TMR sin ensilado de canola-chicharo (Kincaid *et al.*, 2012); pasados 21 días se incrementó la inclusión de ensilado de canola-chicharo a 15% BS de la TMR, no se observaron efectos sobre el rendimiento de leche ni la composición de la leche por la sustitución parcial del heno de alfalfa y ensilado de maíz por el ensilado de canola-chicharo. Estos autores (Kincaid *et al.*, 2012) afirman que la asociación del ensilado de canola con chicharo resultó en un ensilaje con adecuada gustocidad en la TMR para el ganado, y con un alto valor

alimenticio tal cual lo indicó la composición química, digestibilidad *in vitro* y la prueba de alimentación en vacas lecheras. No obstante, no es especificada la proporción del forraje de canola y chícharo en el ensilado.

2.8. Importancia de los ácidos grasos en los forrajes y la alimentación animal

Según Peyraud y Delaby (2001), la alimentación de vacas a base únicamente de forrajes es un sistema de bajo costo, pero presenta el inconveniente de no poder cubrir el total de las necesidades nutritivas para mantener un determinado nivel de producción, una buena condición corporal y buen funcionamiento reproductivo hablando de vacas con alto mérito genético. Además, la estacionalidad de la producción de hierba y de su valor nutritivo provoca grandes variaciones en la productividad. Ante este panorama, la complementación con forrajes conservados y concentrados proporcionados en el corral es una alternativa para compensar esta situación.

Por otro lado, la manipulación del contenido de grasa en leche y su composición en ácidos grasos, a través de estrategias nutricionales, ha sido un importante objetivo para la industria láctea y la investigación en muchas partes del mundo. Aunque el valor genético del animal influye notablemente sobre el nivel de grasa en leche, las propuestas nutricionales han tenido efectos más significativos, e inmediatos, en la composición de ácidos grasos de la grasa (Lock y Shingfield, 2004). Numerosas revisiones sobre el tema han sido publicadas (Chilliard y Ferlay, 2004; Lock y Bauman, 2004; Palmquist *et al.*, 2005; Elgersma *et al.*, 2015), examinando el impacto de la nutrición e incluyendo el papel significativo que juega el rumen en el metabolismo de los lípidos de la dieta, sobre la composición final de la grasa en leche y sobre su perfil de ácidos grasos.

De acuerdo con Elgersma *et al.* (2006), la composición de ácidos grasos de los productos de rumiantes, como la leche, llegó a ser menos favorable para la salud humana debido a cambios en la alimentación y prácticas de manejo con notablemente altas proporciones de concentrados y ensilados en la dieta y menos pastoreo. Un alto contenido de ácidos grasos saturados en la leche fue reportado

por estar asociado con la inducción de enfermedades coronarias del corazón (Mills *et al.*, 2011). Es por lo tanto, importante modificar la alimentación del ganado para reducir la concentración total de ácidos grasos saturados en la leche, y la porción de ácidos grasos insaturados simultáneamente incrementaría (Rutkowska *et al.*, 2015).

El ácido ruménico (AR, C18:2c9t11) es un componente de la grasa de la leche con beneficios a la salud demostrados. La biosíntesis de AR requiere una fuente de ácidos grasos poliinsaturados, tales como el ácido linoleico y linolénico, sustratos en el alimento que son biohidrogenados en el rumen suministrando una combinación de precursores, ácidos vaccénico (AV, C18:1t11) y pequeñas cantidades de AR para la glándula mamaria (Bauman *et al.*, 1999). En cambio, el grado de biohidrogenación ruminal de los ácidos grasos poliinsaturados ha sido reportado por ser influenciado por la concentración inicial de ácido linoleico de la dieta (Harfoot *et al.*, 1973), la tasa de pasaje y el pH del rumen (Martin y Jenkins, 2002; Troegeler-Meynadier *et al.*, 2003). En tejido mamario, la mayoría del AR es formado desde AV por acción de la enzima delta 9 desaturasa (Griinari *et al.*, 2000). Así, la biosíntesis de AR es dependiente de la cantidad de sustratos en el alimento, el grado de biohidrogenación en el rumen y la actividad desaturasa en tejido mamario. Aunque la significancia de estos tres factores sobre las concentraciones de AR en leche es bien conocido, la contribución relativa de cada uno no está bien establecida (Khan *et al.*, 2012).

En este sentido, el ensilado de maíz es el forraje principal que compone la ración de las vacas lecheras, bajo la mayoría de los regímenes dietéticos. El cultivo tiene un rendimiento relativamente estable, alto contenido de energía, buenas características de ensilaje, la inclusión de ensilado de maíz en dietas con pastos o ensilados de pastos pueden incrementar el consumo de alimento, rendimiento de leche y contenido de proteína en leche (O'Mara *et al.*, 1998; Phipps *et al.*, 2000).

El ensilado de maíz es más rico en ácido linoleico que el ensilado de pastos, porque el grano de maíz representa 30-40% del ensilado, lo que comprende 60% de este ácido (Chilliard *et al.*, 2001). No obstante una gran variabilidad en la

composición de ácidos grasos ocurre (Doreau *et al.*, 1997). Dietas conteniendo más de 60% de ensilado de maíz resultan en una concentración de 12-14, 30-34, 6-11 y 18-23% de ácidos mirístico, palmítico, esteárico y oleico, respectivamente, en la grasa de la leche de vaca (Chilliard *et al.*, 2001).

A pesar de las diferencias en la composición entre ensilados de pasto y ensilado de maíz, el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en la leche de vacas alimentadas tanto con ensilado de pasto como de maíz no difiere en gran medida (Chilliard *et al.*, 2001). Sin embargo, el contenido de ácido linoleico en la grasa de la leche es menor que 2% para ensilado de pastos, y entre 1.8 – 2.8% para ensilado de maíz. Chilliard y Ferlay (2004) reportaron que la respuesta en el contenido de AR en la leche varía entre forrajes con pastos > henos > ensilado de maíz > ensilado de pasto.

La alimentación con ensilado de pasto solo o en combinación con ensilado de maíz a vacas lecheras requiere suplementación con alimentos proteicos para cubrir requerimientos de proteína metabolizable (Thomas, 2004).

Una mayor ventaja de la inclusión de leguminosas en la dieta de vacas lecheras es el incremento en la proporción del nutricionalmente benéfico ácido linolénico en leche comparado con el ensilado de pasto o de maíz particularmente cuando dietas a base de trébol rojo son consumidas (Dewhurst *et al.*, 2009; Steinshamn, 2010), aunque menos trabajos han sido conducidos sobre el efecto de otros ensilados como la alfalfa comparado con ensilados de maíz o pasto.

En lo que refiere al uso de ensilado de canola en la alimentación animal, poca o nula información está disponible en cuanto a su aporte nutricional y, específicamente de su contenido de ácidos grasos, y del mismo modo del uso y efecto sobre la composición de la grasa de los productos de rumiantes.

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente las tierras destinadas a la producción de alimento para el ganado están disminuyendo considerablemente, por ello se requiere obtener el máximo potencial de los terrenos cultivables para la obtención de forrajes.

Los forrajes constituyen la parte más importante en la alimentación del ganado. Limitada información existe acerca de la calidad nutricional del forraje o ensilado de canola para su uso en la alimentación animal, se sabe que el forraje de canola tiene un alto aporte de proteína, sin embargo es importante evaluar su perfil nutricional, cuando se utilizan aditivos en su conservación, con el fin de contar con mayor información nutrimental del ensilado de canola para su uso en combinación con otros ensilados en el diseño de estrategias de alimentación para rumiantes.

IV. HIPÓTESIS

La melaza como aditivo, favorece la conservación del forraje de canola y tiene un efecto sobre la composición química, digestibilidad y perfil de ácidos grasos del ensilado.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar la calidad nutricional, composición química, digestibilidad y perfil de ácidos grasos del ensilado de canola adicionando diferentes niveles de melaza en el forraje

5.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de melaza en el forraje de canola la composición química y digestibilidad del ensilado.
- Determinar el perfil de ácidos del ensilado de canola al agregar diferentes niveles de melaza en el forraje.

VI. LÍMITE DE ESPACIO

La investigación de campo se llevó a cabo en el municipio de Ixtlahuaca, Estado de México, sus coordenadas son: 19° 28' 06" al 19° 44' 03" latitud norte y 99° 40' 43" al 99°54'59" longitud oeste, se encuentra a una altura promedio de 2500 msnm, el clima es templado subhúmedo, la precipitación media anual es de 828.4 mm y la temperatura media anual es de 14.8° C.

Los análisis de laboratorio se realizaron en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia ubicada en el campus universitario "El Cerrillo" de la Universidad Autónoma del Estado de México, a 19° 24' 48" latitud norte y 99° 40' 45" longitud oeste, y una altura de 2,632 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2007).

VII. LIMITE DE TIEMPO

El experimento se llevó a cabo en la invierno de 2016 y tuvo una duración, en su fase experimental en campo, de cuatro meses, posteriormente, un tiempo aproximado de seis a doce meses para el análisis de la información obtenida en campo y del procesado de muestras en laboratorio.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. MATERIAL

8.1.1. Material biológico

- Semilla de canola
- Forraje de canola
- Ensilado de canola

8.1.2. Material de campo

- Báscula digital
- Bolsas de plástico
- Rotuladores
- Pala y carretilla
- Cuaderno de registro

8.1.3. Material de laboratorio

- Congelador
- Crisoles/charolas
- Tubos de vidrio
- Centrifuga
- Bata, guantes
- Estufa de secado
- Bascula analítica
- Molino

- Equipo vortex
- Equipo soxtec
- Digestor y destilador Büchi
- Cromatógrafo de gases

8.2. MÉTODO

8.2.1. Establecimiento del cultivo

El cultivo de canola se estableció en una unidad de producción ubicada en el municipio de Ixtlahuaca, Estado de México, sus coordenadas son: 19° 28' 06" al 19° 44' 03" latitud norte y 99° 40' 43" al 99°54'59" longitud oeste, se encuentra a una altura promedio de 2500 msnm, el clima es templado subhúmedo, la precipitación media anual es de 828.4 mm y la temperatura media anual es de 14.8° C.

El cultivo se estableció en octubre de 2016, la siembra se realizó al voleo, con una densidad de siembra de 6 kg por hectárea, se fertilizó con N a una dosis de 100 kg/ ha, se realizaron dos riegos. El forraje se cosechó a los 148 días post siembra.

8.2.2. Elaboración de microsilos y tratamientos

El forraje de canola fue cortado y picado a un tamaño de partícula de 10 mm, posteriormente se procedió a la elaboración de los microsilos en tubos de PVC (4 pulgadas de diámetro por 20 cm de largo) utilizando una prensa para la compactación del forraje; se incluyó melaza como aditivo, la cual fue diluida en agua en proporción 1 a 1 (p/v) para facilitar el mezclado. Los microsilos fueron sellados con bolsas de plástico y cinta adhesiva.

Los tratamientos fueron 0% melaza (EC-0), 1% de melaza (EC-1), 2% de melaza (EC-2), 3% de melaza (EC-3) y 4% de melaza (EC-4). De cada tratamiento se elaboraron 3 repeticiones, las cuales se depositaron a los 28 días post sellado.

8.2.3. Análisis de laboratorio

El día de apertura se midió el pH a cada microsilo con un potenciómetro digital (OAKTON®) y se procedió a realizar un pool con las tres repeticiones. En el laboratorio se determinó la materia seca (MS) a 105° C durante 24 horas, se aplicó un factor de corrección de 1.08 para no subestimar pérdidas de compuestos volátiles, para el análisis de la composición química, una submuestra se secó a 55° C durante 72 horas para aminorar los daños por calor (AOAC, 2012), los ensilados se molieron en un molino Willey con una malla de 2 mm, se obtuvo el contenido de cenizas por incineración en una mufla a 450°C por 4 h; se determinó el contenido de nitrógeno por el método Kjeldalh, se determinó energía bruta con una bomba calorimétrica (6400 calorimeter); el análisis de FDN y FDA se realizó por el método descrito por Van Soestet *al.* (1991).

Para evaluar la digestibilidad se utilizó la técnica de producción de gas *in vitro*; para la incubación se usaron botellas de vidrio de 120 ml, se incubaron 0.99 ± 0.01 g de muestra en cada botella, asignando cuatro repeticiones por tres corridas, en cada corrida de incubación se contemplaron cuatro blancos. A cada botella se le adicionaron 90 ml de solución amortiguadora y 10 ml de líquido ruminal. La digestibilidad *in vitro* de la MS se evaluó a las 96 horas de incubación. El sustrato final se filtró en crisoles Gooch (#1), se seco en una estufa a 105 °C por una hora; se registró el peso; finalmente la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) será determinada por diferencia de peso entre la MS inicial y la MS residual, la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) se calculó por diferencia de peso entre la MO inicial menos la MO residual. Para determinar la digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro (DIVFDN) los residuos de la fermentación de las botellas, fueron removidos con 50 ml de solución FDN; posteriormente se colocaron en una autoclave a 105 °C por una hora, se filtraron en crisoles Gooch (#1) y el residuo se colocó en una estufa a 105 °C por una hora, se registró el peso seco del residuo.

El análisis del perfil de ácidos grasos (AG) de los que se realizó mediante la técnica de Sukhija y Palmquist (1988), con modificaciones de Palmquist y Jenkins (2003), utilizando ácido clorhídrico metanólico al 10% en la esterificación de los ácidos grasos y hexano como solvente orgánico. Los esteres de los ácidos grasos de los ensilados fueron separados y cuantificados por cromatografía de gases (Perkin Elmer Clarus 500), con una columna capilar de 100m x 0.25mm x 0.2µm (SUPELCO TM-2560), utilizando N₂ como gas acarreador. El detector e inyector se mantuvo a 260°C, la temperatura inicial del horno fue de 140°C por cinco minutos, aumentando 4°C por minuto hasta llegar a 240°C. Cada pico fue identificado de acuerdo con los tiempos de retención de estándares de esteres metílicos (Supelco 37 Component FAME Mix, de la empresa SIGMA-ALDRICH). Los AG se reportan en g por 100 g del total de ácidos.

8.2.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico empleado será un diseño completamente al azar utilizando el modelo general lineal de SAS (2002). El modelo estadístico utilizado será: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$, donde: Y_{ij} es la variable respuesta, μ es la media general, T_i es el efecto del tratamiento y E_{ij} es el error experimental.

Donde el efecto será significativo ($P \leq 0.05$) se realizará una comparación de medias con la prueba de Tukey (Steel et al., 1997).

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El perfil nutricional de los ensilados de canola con distinto porcentaje de melaza se muestra en el Cuadro 1. Se observaron diferencias significativas ($P<0.05$) en el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro(FDN).

Cuadro 1.Composición química y pH de ensilados de canola con diferentes niveles de melaza (g kg⁻¹ MS)

Componente [†]	% Melaza					EEM [‡]	P<
	0	1	2	3	4		
Materia seca	185.2 ^b	188.6 ^b	194.2 ^{ab}	199.81 ^a	202.3 ^a	2.25	<.0001
MO	900.1 ^a	896.6 ^b	895 ^b	893.9 ^{bc}	892.1 ^c	0.66	<.0001
PB	146.6 ^a	147.23 ^a	146.7 ^a	140.8 ^b	142.6 ^{ab}	1.23	0.0028
FDN	398.8 ^a	387.5 ^b	376.6 ^c	371 ^c	364.8 ^d	2.49	0.0113
FDA	206.1	204.5	200	204.7	204.6	3.58	0.7952
pH	3.91	3.91	3.89	3.88	3.88	0.16	0.8416

Valores medios en la misma hilera con letras diferentes, son estadísticamente diferentes ($P\leq 0.05$)

[‡] EEM: Error estándar de la media;

[†] MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido.

El porcentaje de MS se incrementó conforme aumentó el nivel de melaza. Balakhialet *al.* (2008) observaron una respuesta similar al incluir 0, 4 y 8 % de melaza a ensilajes de forraje de canola, reportando valores de 17.82 a 20.21 %MS. Estudios realizados con ensilado de maíz coinciden que al agregar o aumentar el porcentaje de melaza se obtienen niveles más altos de MS en los ensilados (Baytoket *al.*, 2005). Suárez *et al.* (2011) reportan mayor cantidad de MS cuando adicionaron 4 % de melaza en ensilajes mixtos de gramíneas y leguminosas; por tanto, la melaza puede ayudar a incrementar la cantidad de MS de forrajes contenido de humedad es alto.

La MO se vio afectada por la adición de melaza disminuyendo ($P<0.05$) conforme se incrementó la melaza. La melaza, además de aportar carbohidratos altamente degradables, contiene una importante cantidad de minerales, esto inversamente podría diluir el contenido de materia orgánica en el ensilado. No obstante, Kincaidet *al.* (2012) reportaron alto contenido de cenizas (17.5% base seca) en ensilado de canola, pero no adicionaron melaza como aditivo.

El contenido de proteína bruta fue similar para los tratamientos 0, 1 y 2% de melaza e inferior para 3 y 4 % de melaza, el efecto negativo del nivel creciente de la adición de melaza al forraje de canola podría estar relacionado por el bajo nivel de proteína en la melaza. En contraste, Balakhialet *al.* (2008) no reportaron diferencias en la cantidad de proteína de ensilados de canola adicionados con tres niveles de melaza, cuyo contenido fue cercano al 16 %. Kincaidet *al.* (2012) Reportaron un valor de proteína (13.2%) ligeramente inferior a los reportados en el presente estudio cuando el forraje fue cosechado a los 70 días de edad. El contenido de proteína del ensilado de canola, independientemente del nivel de melaza añadido, es superior a lo aportado para la mayoría de los forrajes conservados de cereales (6 al 10 %; NRC, 2001), por lo que podrían cubrir los requerimientos para animales en mantenimiento o crecimiento (Van Soest, 1994).

El contenido de FDN fue diferente ($P<0.05$) entre tratamientos, el testigo mostró el contenido más alto de FDN y disminuyó conforme se agregó la melaza, no obstante, los valores de FDN se encontraron por debajo del reportado por

Balakhia *et al.* (2008) en ensilado de canola variedad Hyola 308. Kincaid *et al.* (2012) reportaron menor cantidad de FDN (29.82%) lo cual se puede atribuir al momento precoz de corte del forraje, 70d post-siembra.

El contenido de FDA del ensilado de canola no fue afectado ($P>0.05$; 203.98 ± 3.58) por el nivel de melaza.

Cuadro 2. Digestibilidad *in vitro* y energía bruta de ensilados de canola con diferentes niveles de melaza (g kg^{-1} MS)

Componente [†]	% Melaza					EEM [‡]	P<
	0	1	2	3	4		
DIVMS	777 ^a	754.9 ^{ab}	751.3 ^{ab}	746.4 ^b	756.7 ^{ab}	6.31	0.0224
DIVFDN	617.9 ^a	615.5 ^{ab}	607.2 ^{ab}	601.9 ^b	603.2 ^{ab}	3.58	0.0113
DIVMO	696.9	703.4	692.2	686.3	695.8	3.89	0.0580
EB	4.1	4.0	4.0	4.0	4.1	0.02	<0.0001
(Mcal kg^{-1} MS)							

Valores medios en la misma hilera con letras diferentes, son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$)

[‡] EEM: Error estándar de la media.

[†] DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DIVMO digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; DIVFDN: digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro; EB: energía bruta.

Se observaron diferencias significativas ($P<0.05$) en la digestibilidad de la materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO) (Cuadro 2). La DIVMO no difirió entre tratamientos ($P>0.05$; 694.92 ± 3.89).

No adicionar melaza como aditivo al forraje de canola para ensilar representó en el ensilado de canola una mayor DIVMS ($P<0.05$), similares valores de digestibilidad fueron observados por Balakhialet *al.* (2008) y Kincaidet *al.* (2012). A pesar de que el tratamiento testigo obtuvo mayor cantidad de FDN, la digestibilidad fue mayor, no obstante que la FDA es el componente que influye en la digestibilidad, la cual fue similar para todos los tratamientos. La DIVFDN se comportó de igual manera que la DIVMS. De acuerdo con Bolsenet *al.* (1996), la melaza aumenta la cantidad de bacterias ácido lácticas, por lo tanto aumenta la degradación de la FDN y FDA de los ensilajes, lo cual no sucedió en el presente estudio.

El perfil de ácidos grasos de los ensilados con diferentes porcentajes de melaza se observa en el Cuadro 3. El efecto principal del nivel de melaza en el ensilado de canola fue sobre los ácidos grasos de cadena larga C18. El tratamiento con 4% de melaza mostró el mayor contenido de ácido linolénico (C18:3n3c) y menor contenido de C18:0. El contenido de ácido oleico fue mayor en el tratamiento testigo y estadísticamente igual al de 4% de melaza.

El ácido linolénico fue el ácido graso mayoritario del ensilado de canola, en conjunto, los ácidos grasos insaturados de cadena larga comprendieron alrededor del 55% del total de ácidos grasos. Cuantitativamente, el contenido de ácido palmítico (C16:0; 21.51 ± 0.74 g/100g AG) fue el segundo en importancia pero sin mostrar diferencias por efecto del nivel de melaza ($P>0.05$).

Cuadro 3. Perfil de ácidos grasos (g/100g AG) de ensilados de canola con diferentes porcentajes de melaza.

Ácido graso ^a	Treatment					SEM [‡]	P
	0	1	2	3	4		
C12:0	1.55 ^{ab}	1.82 ^a	1.17 ^b	1.86 ^a	1.75 ^a	0.12	0.015
C14:0	0.24	0.26	0.21	0.34	0.23	0.03	0.255
C16:0	21.2	22.3	21.0	22.3	20.7	0.42	0.063
C16:1	0.33	0.34	0.27	0.26	0.37	0.10	0.930
C18:0	2.85 ^{ab}	4.43 ^a	3.08 ^{ab}	3.10 ^{ab}	2.55 ^b	0.34	0.028
C18:1n9c	5.64 ^a	4.55 ^{bc}	4.59 ^{bc}	4.17 ^c	5.41 ^{ab}	0.18	0.001
C18:2n6c	10.9	9.93	13.6	11.4	10.7	1.02	0.194
C18:3n3c	37.3 ^{ab}	33.7 ^b	35.9 ^{ab}	33.7 ^b	38.1 ^a	0.86	0.013
≥ C:20	20.0	22.6	20.2	22.8	20.7	1.29	0.365

Valores medios en la misma hilera con letras diferentes, son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$)

[‡] EEM: Error estándar de la media.

^aC12:0 ácido laurico, C14:0 mirístico, C16:0 palmitico, C16:1 palmitoleico, C18:0 estearico, C18:1n9c oleico, C18:2n6clinoleico, C18:3n3clinolenico.

Poca información acerca del perfil de ácidos grasos del ensilado de canola está disponible en la literatura. Sin embargo, el perfil de ácidos grasos aquí reportado (Cuadro 3) en el ensilado de canola podría ser comparable con otros forrajes

conservados con similar perfil. Sinclair *et al.* (2012) reportaron en ensilado de alfalfa similar contenido de ácidos linolénico y linoleico; también, Wiking *et al.* (2010) reportaron similar contenido de ácido oleico y linoleico en ensilados de trébol blanco y rojo, aunque mayor proporción de ácido linolénico (56.3 y 64.7 g/100g AG, respectivamente) fue reportado en ambos ensilados en comparación con nuestros resultados del ensilado de canola, y menor contenido de ácido palmítico (18.9 y 13.2 g/100g AG, respectivamente)

Los ensilados de leguminosas, como alfalfa y tréboles, son forrajes conservados que podrían ser contrastados con el aporte del perfil lipídico del ensilado de canola. De acuerdo con los resultados de la presente investigación, el ensilado de canola podría ser una buena fuente de ácidos grasos, principalmente de ácido linolénico.

Se ha demostrado que dietas ricas en ácidos grasos polinsaturados tienen la capacidad de incrementar, ya sea en el líquido ruminal o bien en leche y carne, el ácido vaccénico y ácido linoleico conjugado (Harfoot y Hazlewood, 1997), dos ácidos grasos intermediarios de la biohidrogenación de los ácidos grasos poliinsaturados de la dieta. Este último ácido, particularmente su isómero más abundante el ácido ruménico, es un componente funcional con propiedades beneficiosas para la salud.

X. CONCLUSIÓN

El forraje de canola puede ser ensilado para utilizarse en la alimentación de rumiantes. Bajo nuestras condiciones, el ensilado de canola presenta alta digestibilidad y aporte de nutrientes. El uso de melaza (4 %) como aditivo, mejora el porcentaje de materia seca, fibra detergente neutro; disminuye el pH, el cual es indicativo de una adecuada fermentación del ensilado de canola; además, es una buena fuente de ácidos grasos polinsaturados, principalmente linolenico (C18:3n3c), el cual es un ácido graso esencial para el animal e importante sustrato para la síntesis de ácido linoleico conjugado, un componente funcional deseable en la leche y carne de rumiantes.

XI. LITERATURA CITADA

- Al-Ghobari H. M. 2000. Estimation of reference evapotranspiration for southern region of Saudi Arabia. *Irrigation Science*.19:81-86.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2012. *Official Methods of Analysis*. 19th ed. AOAC: International, USA. pp: 34-36.
- Argamentería Guitiérrez A, de la Roza Delgado B, Martínez Fernández A, Sánchez Miyares L y Martínez Martínez A. 1997. *El ensilado en Asturias*. Ed. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. Consejería de Agricultura. Pp. 127.
- Balakhial A., Naserian A.A., Heravi Moussavi A., Eftekhar Shahrodi F. y Vali Zadeh R. 2008. Changes in chemical composition and in vitro DM digestibility of urea and molasses treated whole crop canola silage. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7(9): 1042-1044.
- Barry T.N. 2013. The feeding value of forage brassica plants for grazing ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology*. 181, 15-25
- Bauman DE. Baumgard LH. Corl BA y Griinari JM. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. I. in *Proc. Am. Soc. Anim. Sci.*, IN. pp. 1-11.
- Baytok E., Aksu T., Karsl M.A., Muruz H. 2005. The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. *Turk. J. Anim. Sci.* 29: 469-474.
- Bell J.M. 1993. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Canadian Journal of Animal Science* 73, 679–697

- Bolsen K. K., G. Ashbell and Weinberg, Z. 1996. Silage fermentation and silage additives. *Asian-Australasian Journal Animal Sciences*. 9: 483- 491.
- Bolsen, K. K. y Brent, B. E., 2007. The Silage Triangle and Important Practices Often Overlooked. Kansas State University, Courtesy of Alltech Inc.
- Chilliard Y yFerlay A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Repr. Nutr. Dev.* 44: 467–492.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Doreau, M. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70, 31–48.
- Claridge J.H. 1972. The *Brassicas*. In: Arable farm crops of New Zealand. DSIR, A.H. Reed Ltd., Wellington, New Zealand. pp. 181-224.
- Cruz C.J.J., G., Núñez H.R., Faz C., D. G. Reta S. y H. A., Serrato M. 2012. Potencial forrajero y eficiencia de uso del agua de canola (*Brassicanapus L.*) en comparación con cultivos tradicionales en el ciclo de invierno. *Agrofaz* 12:125-130.
- Demarquilly, C. 1985. Recent changes in silage production. En: Berting, G. (ed.) *Silage new biological aspects* Paris, Sanofi Animal Health. pp. 125-135.
- Dewhurst RJ, Delaby L, Moloney A, Boland T and Lewis E. 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48, 167–187.
- Doreau, M., Demeyer, D.I., Van Nevel, C.J. 1997. Transformations and effects of unsaturated fatty acids in the rumen. Consequences on milk fat secretion. In: Welch, R.A.S., Burns, D.J.W., Davis, S.R., Popay, A.I., Prosser, C.G.

(Eds.), Milk Composition Production and Biotechnology. CAB International, Oxford, pp. 73–92.

Elferink, S. J. W., Driehuis, F., Gottschal, J. C. y Spoelstra, S. 1999. Silage fermentation processes and their manipulation. [En línea]Available at: <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/gricuilt/agp/agpc/gp/silage/contents>.

Elgersma A. 2015. Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 117, 1345–1369.

Elgersma A. Tamminga S y Ellen G. 2006. Modifying milk composition through forage. Anim. Feed Sci. Technol. 131: 207-225.

Fales S. L., Gustine D. L., Bosworth S. C., Hoover R. J. 1987. Concentrations of glucosinolates and S-methylcysteinesulfoxide in ensiled rape (*Brassica napus L*). Journal of Dairy Science. 70, 2402-2405

Garcés A. M., Berrio L., Ruíz S., Serna J. G., y Builes A. F. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación. 1:66-71.

Griinari JM. Corl BA. Lacy SH. Chouniard PY. Nurmela KVV y Bauman DE. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating cows by delta 9-desaturase. J. Nutr. 130: 2285-2291.

Harfoot, C.G.; Hazlewood, G.P. 1997. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, P.N.; Stewart, C.S. (eds). The Rumen Microbial Ecosystem, ed. Chapman and Hall, London, UK. p. 382-426

Henderson. N. 1993. Silage additives. Animal Feed Science and Technology 45:35-56

Honig H. y Woolford M. K. 1980. Changes in silage on exposure to air. En: Thomas, C.; editor. Forage Conservation in the 80s. (11:1980: Hurley). BGS Occasional Symposium. Hurley: British Grassland Society. p. 76-87.

INEGI 2007. CensoAgropecuario 2007. www.inegi.org.mx/inegi/.../G_Leyva_Mexico_censoagro2007.pdf (22 de marzo 2012).

Inzunza, I. M. A.; Mendoza, M. S. F.; Catalán, V. E. A.; Villa, C. M. M.; Sánchez, C. I. y Román, L. A. 2007. Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30:429-436.

Jaster, E. 1995. Legume and grass silage preservation. In: Post harvest physiology and preservation of forages. Ed. by K. Moore, M. A. Peterson, D. M. Kral, M. K. Viney. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USACS SA Special Publication 22 p.91-115.

Jung, H. G., y Allen, M. S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of animal science*, 73(9), 2774-2790.

Khan N. A., Tewoldebrhan T. A., Zom R. L. G., Cone J. W. and Hendriks W. H. 2012. Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:1472–1483.

Kincaid R. L., Johnson K. A., Michal J.J., Huisman A. C., Hulbert S.H. and Pan W. L. 2012. Case study: production of silage containing biennial canola and peas for use as forage in a dairy ration. *The Professional Animal Scientist*, 28, 120–124.

Kung Jr. L and Muck, R E. 1997. Effects of Silage Additives on Ensiling. Proceedings from the Silage: Field to Feedbunk North American Conference, Hershey, 11-13 February 1997, NRAES-99, 187-199

- Lock AL y Bauman DE. 2004. Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids* 39: 1197–1206.
- Lock AL y Shingfield KJ. 2004. Optimising milk composition. En: *Dairying—Using Science to Meet Consumers' Needs*. Kebreab E. Mills J. Beever DE (Eds). Occ. Pub. No. 29, Brit. Soc. Anim. Sci. Nottingham University Press, Loughborough, UK. pp. 107–188.
- Macfarlane smith W.H., Neppel V.A.F., Wood J., Gill W.D., Walker K.C., 1984. Husbandry practices in forage rape growing. *Proc Better Brassicas Conference*. St. Andrews, Scotland (Macfarlane Smith W.H., Hodgkin T., eds). September. pp. 155-161.
- Martin SA y Jenkins TC. 2002. Factors affecting conjugated linoleic acid and trans-C18:1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. *J. Anim. Sci.* 80: 3347–3352.
- McDonald, P. 1981. *The biochemistry of silage*. Wiley. UK. 226 p.
- McDonald, P., Henderson, N. y Heron, S. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publications.
- Mejía U. L. A., Borquez J. L., Salem A. Z. M., Domínguez V. I. A., González R. M. 2013. Effects of adding different protein and carbohydrates sources on chemical composition and *in vitro* gas production of corn stover silage. *Spanish J Agric Res* 11(2):427–430
- Menke K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal Agricultural Science Cambridge* 93:217-222.

- Menke K. H., Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analyses and *in vitro* gas production using rumen fluid *Animal Research and Development* 28: 7–55
- Merry R. J., Lowes K. F., y Winters A. 1997. Current and future approaches to biocontrol in silage. p. 17-27.
- Mills S, Ross RP, Hill C, Fitzgerald GF & Stanton C. 2011. Milk intelligence: mining milk for bioactive substances associated with human health. *International Dairy Journal* 21 377–401.
- Muck R. E. 1988. Factors Influencing Silage Quality and Their Implications for Management. *Journal of Dairy Science*, 71(11), pp. 2992-3002.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7thEdn. National Academic Press, USA.
- O'Mara, F. P., J. J. Fitzgerald, J. J. Murphy, and M. Rath. 1998. The effect on milk production of replacing grass silage with maize silage in the diet of dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 55:79–87.
- Ojeda F., Caceres, O., Esperance M. 1991. Estudio 8. Conservación de Forrajes. Roma, Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre, p. 80.
- Ørskov E. R. y McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science. Cambridge.* 92: 499–503.
- Palmquist DL. Lock AL. Shingfield KJ y Bauman DE (2005). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. En: *Adv. Food Nutr. Res.* Taylor SL (Ed). Elsevier Academic Press, San Diego, CA. Vol. 50: 179–217.
- Palmquist, D.L., Beaulieu, A.D., and Barbano, D.M. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76: 1753-1771.

- Peyraud JL y Delaby L. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. In: Recent Advances in Animal Nutrition. Garnsworthy PC. Wiseman J. (Eds). Nottingham University Press, UK. pp. 203.
- Phipps, R. H., J. D. Sutton, D. E. Beever, and A. K. Jones. 2000. The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows 3. Food intake and milk production. *Anim. Sci.* 71:401–409.
- Prospero F, Martínez CG, Olea R, López F, Arriaga CM. 2017. Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*.
- Reta S. D. G., Figueroa V. U., Serrato C. J. S., Quiroga G. H. M., Gaytán M. A., Cueto. W. J. A. 2015. Potencial forrajero y productividad del agua en patrones de cultivo alternativos. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 6(2):153-170.
- Rutkowska J, Małgorzata Białek, Emilia Bagnicka, Justyna Jarczak, Krzysztof Tambor, Nina Strzałkowska, Artur Jóźwik, Józef Krzyżewski, Agata Adamska and Ewa Rutkowska. 2015. Effects of replacing extracted soybean meal with rapeseed cake in corn grass silage-based diet for dairy cows. *Journal of Dairy Research.* 82: 161–168.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. Institute, SAS/STATTM. User's guide. SAS institute, Inc. 10. Carry, NC.
- Shimada, A. 2009. Nutrición animal. Importancia e historia de la nutrición. Edi 2da. Trillas. México. pag. 337.
- Sinclair, L. A., Edwards, R., Errington, K. A., Holdcroft, A. M., Wright, M. 2015. Replacement of grass and maize silage with lucerne silage: effects on performance, milk fatty acids profile and digestibility in Holstein-Friesian dairy cows. *Animal*, 9 (12), 1970-1978.

- Steel, D.R.G., Torrie, J.H., and Dickey, D.A. 1997. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª ed. McGraw-Hill. México, D. F. pp. 622.
- Steinshamn H. 2010. Effect of forage legumes on feed intake, milk production and milk quality – a review. *Animal Science papers and Reports* 28, 195–206.
- Suárez R., Mejía J., González M., García D. E., Perdomo D. A. 2011. Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. *Pastos y Forrajes*, 34:1.
- Thomas C. 2004. Feed into milk. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Tilley J. M. A. y Terry. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18:104-111.
- Tobia C. R. y Vargas, E. G. 2000. Inóculos bacterianos para mejorar el proceso fermentativo en los ensilajes tropicales. *Nutrición Animal Tropical*, Volumen 6, pp. 129-143.
- Tripathi M. K., Mishra A. S. 2007. Glucosinolates in animal nutrition: a review. *Animal Feed Science and Technology* 132, 1–27.
- Troegeler-Meynadier A. Nicot MC. Bayourthe C. Moncoulon R y Enjalbert F. 2003. Effects of pH and concentrations of linoleic and linolenic acids on extent and intermediates of ruminal biohydrogenation *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 86: 4054–4063.
- Vallejo M. A. 1995. Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Turrialba.
- Van Soest P. J. 1994. Nutritional Ecology of the ruminant 2nd. E d. Cornell University Press. 337-353.

- Van Soest P. J., Roberson J. B., Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3897.
- Weinberg Z. G. and Muck R. G. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiol. Rev.* 19:53–68.
- Wiking, L., Theil, P. K., Nielsen J. H., Sørensen, M. T. 2010. Effect of grazing fresh legumes or feeding silage on fatty acids and enzymes involved in the synthesis of milk fat in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 77, 337-342.
- Williams S. R. O., Moate P. J., Deighton M. H., Hannah M. C., Wales W. J., Jacobs J. L. 2016. Milk production and composition, methane emissions from dairy cows fed Lucerne hay with forage brassica or chicory. *Animal Production Science*. 56, 304–311.
- Woolford M. K. 1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.

XII. ANEXOS

Anexo 1

Base de datos de composición química de ensilado de canola con distintos niveles de melaza.

TRATAMIENTO	REP	NIVEL	PC	FND	FAD	CZ	MO
EM	1	0	4.85	60.28	18.78	5.08	94.92
EM	2	0	4.68	58.06	22.43	5.01	94.99
EM	3	0	4.76	60.15	21.60	5.08	94.92
EM	4	0	4.78	59.35	19.61	5.00	95.00
EM-EC 80-20	5	20	6.44	54.79	23.04	6.15	93.85
EM-EC 80-20	6	20	6.46	54.50	22.70	6.07	93.93
EM-EC 80-20	7	20	6.46	55.33	23.87	6.22	93.78
EM-EC 80-20	8	20	4.44	53.68	21.90	6.00	94.00
EM-EC 60-40	9	40	8.04	50.34	23.23	7.10	92.90
EM-EC 60-40	10	40	8.00	50.45	22.41	7.08	92.92
EM-EC 60-40	11	40	8.02	51.57	23.82	7.27	92.73
EM-EC 60-40	12	40	8.00	49.57	21.87	6.93	93.07
EM-EC 40-60	13	60	10.45	45.52	20.59	8.23	91.77
EM-EC 40-60	14	60	10.33	47.02	21.96	8.36	91.64
EM-EC 40-60	15	60	10.41	47.27	22.27	8.60	91.40
EM-EC 40-60	16	60	10.38	45.34	20.23	8.01	91.99
EM-EC 20-80	17	80	12.16	41.52	19.69	9.45	90.55
EM-EC 20-80	18	80	12.07	42.37	21.21	9.54	90.46
EM-EC 20-80	19	80	12.12	42.95	21.46	9.60	90.40
EM-EC 20-80	20	80	1.10	40.65	20.46	9.40	90.60

Anexo 2

Base de datos del contenido de energía bruta y digestibilidad *in vitro* de ensilado de canola con distintos niveles de melaza.

TRATAMIENTO	REP	NIVEL	EB	divms	divmo	divfdn
EM	1	0	4233.70	77.56	70.02	64.15
EM	2	0	4133.46	77.72	67.67	70.11
EM	3	0	4333.35	75.31	70.50	66.76
EM	4	0	4238.44	77.42	71.68	68.78
EM-EC 80-20	5	20	4176.74	81.01	72.47	65.67
EM-EC 80-20	6	20	4276.56	79.09	71.53	65.62
EM-EC 80-20	7	20	4076.35	79.04	71.02	64.62
EM-EC 80-20	8	20	4176.00	77.58	72.51	65.90
EM-EC 60-40	9	40	4147.55	80.78	71.64	62.21
EM-EC 60-40	10	40	4247.89	79.69	71.18	59.51
EM-EC 60-40	11	40	4047.67	77.50	71.19	62.02
EM-EC 60-40	12	40	4175.69	79.87	71.82	63.20
EM-EC 40-60	13	60	4097.48	81.14	71.75	57.90
EM-EC 40-60	14	60	4197.00	80.27	71.08	59.34
EM-EC 40-60	15	60	4047.00	81.52	71.65	56.95
EM-EC 40-60	16	60	4065.00	77.25	71.82	58.50
EM-EC 20-80	17	80	4050.54	78.32	71.00	57.99
EM-EC 20-80	18	80	4150.45	81.32	70.77	50.44
EM-EC 20-80	19	80	4005.00	81.19	70.50	52.32
EM-EC 20-80	20	80	40007.56	77.19	72.13	54.99

Anexo 3

Base de datos de pesos en fresco y seco (gr) y de pH de ensilado de canola con distintos niveles de melaza.

Tratamiento	Id	peso fresco	peso seco	% MS	pH	pH jugo
Ensilado de canola control	0-21a	322.4	57.2	17.74	4.02	3.97
Ensilado de canola control	0-21b	310.6	54.6	17.58	4.04	-
Ensilado de canola control	0-21c	316.6	53.7	16.96	3.77	-
ensilado de canola 1% melaza	1-21a	335.5	60.1	17.91	3.96	3.99
ensilado de canola 1 % melaza	1-21b	351.7	58.8	16.72	3.94	-
ensilado de canola 1 % melaza	1-21c	339.6	58.8	17.31	3.91	-
ensilado de canola 2% melaza	2-21 ^a	340.4	60.3	17.71	3.89	4.13
ensilado de canola 2% melaza	2-21b	325.8	60.8	18.66	3.89	-
ensilado de canola 2% melaza	2-21c	365.2	65.4	17.91	3.96	-
Ensilado de canola 3% melaza	3-21a	301.8	57.5	19.05	3.97	4.05
Ensilado de canola 3% melaza	3-21b	371.7	70.9	19.07	4.05	-
Ensilado de canola 3% melaza	3-21c	365.2	72.2	19.77	3.83	-
Ensilado de canola 4 % melaza	4-21 ^a	313	57.2	18.27	4.07	4.02
Ensilado de canola 4 % melaza	4-21b	350.4	65.1	18.58	4.10	
Ensilado de canola 4 % melaza	4-21c	360	69.5	19.31	3.90	

Anexo 3

...Continuación.

Tratamiento	Id	peso		% MS	pH	
		fresco	seco		pH	jugo
Ensilado de canola control	0-28a	301.3	50.8	16.86	3.70	3.85
Ensilado de canola control	0-28b	307.8	52.9	17.19	3.91	
Ensilado de canola control	0-28c	305.2	53.1	17.40	3.68	
ensilado de canola 1 % melaza	1-28a	300	51.5	17.17	3.95	3.85
ensilado de canola 1 % melaza	1-28b	302.4	55.3	18.29	3.91	
ensilado de canola 1 % melaza	1-28c	301.6	55.3	18.34	3.49	
ensilado de canola 2% melaza	2-28a	301.7	52.8	17.50	3.46	3.86
ensilado de canola 2% melaza	2-28b	303.6	56.3	18.54	3.50	
ensilado de canola 2% melaza	2-28c	300.4	54.9	18.28	3.50	
Ensilado de canola 3% melaza	3-28a	302.8	55.5	18.33	3.40	3.82
Ensilado de canola 3% melaza	3-28b	302.6	56.1	18.54	3.70	-
Ensilado de canola 3% melaza	3-28c	304	54.7	17.99	3.39	-
Ensilado de canola 4 % melaza	4-28a	301	56	18.60	3.33	3.79
Ensilado de canola 4 % melaza	4-28b	301.2	59.5	19.75	3.42	-
Ensilado de canola 4 % melaza	4-28c	303.3	55.7	18.36	3.70	-

Anexo 3

...Continuación.

Tratamiento	Id	peso fresco	peso seco	% MS	pH	pH jugo
Ensilado de canola control	0-35a	304	50.9	16.74	3.91	3.94
Ensilado de canola control	0-35b	307	51.6	16.81	3.94	
Ensilado de canola control	0-35c	304.4	50.7	16.66	3.64	
ensilado de canola 1 % melaza	1-35a	309.9	53.2	17.17	3.68	3.81
ensilado de canola 1 % melaza	1-35b	304.8	53.5	17.55	3.45	
ensilado de canola 1 % melaza	1-35c	303.9	53.9	17.74	3.91	
ensilado de canola 2% melaza	2-35a	314.5	55.8	17.74	3.48	3.71
ensilado de canola 2% melaza	2-35b	316.3	56.2	17.77	3.78	
ensilado de canola 2% melaza	2-35c	311.1	54.9	17.65	3.90	
Ensilado de canola 3% melaza	3-35a	318.9	56.9	17.84	3.33	3.74
Ensilado de canola 3% melaza	3-35b	312	56.7	18.17	3.72	
Ensilado de canola 3% melaza	3-35c	305.2	56.3	18.45	3.70	
Ensilado de canola 4 % melaza	4-35a	302.3	57.4	18.99	3.66	3.72
Ensilado de canola 4 % melaza	4-35b	316.5	57.6	18.20	3.52	
Ensilado de canola 4 % melaza	4 -35c	315.3	57.7	18.30	3.70	

Anexo 4

Base de datos del perfil de ácidos grasos del ensilado de canola con distintos niveles de melaza

ID-SAS	C12	C14	C16	C16uno	C18	Oleic	Linoleic	Linolenic	Otros
cero28	1.84	0.16	20.82	0.52	2.97	6.16	9.98	36.57	20.98
cero28	1.25	0.32	21.54	0.14	2.74	5.11	11.82	38.13	18.95
cero28	1.55	0.24	21.18	0.33	2.86	5.64	10.90	37.35	19.97
uno28	1.81	0.24	20.83	0.56	3.10	4.47	11.53	35.80	21.66
uno28	1.83	0.28	23.85	0.12	5.76	4.63	8.32	31.60	23.61
uno28	1.82	0.26	22.34	0.34	4.43	4.55	9.93	33.70	22.64
dos28	1.2	0.2	20.55	0.37	2.92	4.68	10.25	35.30	24.53
dos28	1.13	0.22	21.47	0.16	3.24	4.51	17.01	36.44	15.82
dos28	1.17	0.21	21.01	0.27	3.08	4.60	13.63	35.87	20.18
tres28	1.49	0.23	22.63	0.37	3.14	4.63	10.57	32.09	24.85
tres28	2.23	0.44	21.97	0.14	3.06	3.71	12.31	35.33	20.81
tres28	1.86	0.34	22.30	0.26	3.10	4.17	11.44	33.71	22.83
cuatro28	1.68	0.3	20.7	0.63	2.65	5.59	11.15	36.30	21.00
cuatro28	1.81	0.16	20.71	0.11	2.45	5.22	10.3	39.84	19.40
cuatro28	1.75	0.23	20.71	0.37	2.55	5.41	10.73	38.07	20.20

Anexo 5

Base de datos de total de ácidos grasos saturados e insaturados del ensilado de canola con distintos niveles de melaza

ID	Saturated FA	Unsaturated FA
cero28	25.79	53.23
cero28	25.85	55.20
cero28	25.82	54.22
uno28	25.98	52.36
uno28	31.72	44.67
uno28	28.85	48.52
dos28	24.87	50.60
dos28	26.06	58.12
dos28	25.465	54.36
tres28	27.49	47.66
tres28	27.7	51.49
tres28	27.595	49.58
cuatro28	25.33	53.67
cuatro28	25.13	55.47
cuatro28	25.23	54.57

Anexo 6

Imagen del forraje de canola picado para la elaboración de microsilos.



Anexo 7

Imagen de pesaje de ensilado de canola elaborado en microsilos abiertos a los 28 días post-sellado



Anexo 8

Imagen de la determinación en laboratorio de la digestibilidad *in vitro* de ensilado de canola con distintos niveles de melaza

